

УДК 621.762

Г. Ж. Муканов

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

usuals@bk.ru

Научный руководитель — доц., канд. техн. наук С. И. Степанов

ОЦЕНКА МЕХАНИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ЯЧЕИСТОГО ТИТАНОВОГО ИМПЛАНТАТА, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ СЛП, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МКЭ

Объектами исследования являются ячеистые конструкции из $(\alpha + \beta)$ -титанового сплава мартенситного класса ВТ6. Метод конечных элементов при помощи различных программных комплексов является перспективным способом прогнозирования и выявления зон локализации эквивалентных деформаций и напряжений в образцах из титанового сплава ВТ6. Предоставляется возможность расчетным путем создать ячеистую структуру имплантата с пониженным модулем упругости. В связи с этим в работе была поставлена цель: изучить механические свойства высокопрочного ячеистого титанового сплава ВТ6 медицинского назначения, полученного аддитивным методом.

Ключевые слова: титан, ansys, МКЭ, аддитивные технологии, ячеистые структуры, имплантат, ВТ6

G. J. Mukanov

EVALUATION OF MECHANICAL BEHAVIOR OF CELLULAR TITANIUM IMPLANT OBTAINED BY SLM METHOD USING FEM

The objects of research are cellular structures made of $(\alpha + \beta)$ — titanium alloy of martensitic class VT6. The finite element method with the help of various software systems is a promising way to predict and identify the localization zones of equivalent strains and stresses in samples of titanium alloy VT6. It is possible by calculation to create a cellular structure of the implant with a reduced modulus of elasticity. In this regard, the aim was set in the work: to study the mechanical properties of high-strength, cellular titanium alloy-VT6 for medical purposes, obtained by the additive method.

Keywords: titanium, ansys, FEM, additive technologies, cellular structures, implant, Ti64

Анализ литературных источников свидетельствует о дефиците необходимых данных по исследованию механического поведения ячеистых структур типа алмаза и пересеченных сфер, а также данных по прочностным и упругим свойствам для исследуемой архитектуры.

Целью работы явилось изучение механического поведения двух видов ячеистых титановых имплантатов с разной долей пор, полученных методом селективного лазерного плавления.

Исходя из цели исследования поставлены следующие задачи:

- 1) определить напряженно-деформированное состояние, используя ПО на основе метода конечных элементов, при условиях, приближенных к требованиям международного стандарта ИСО13314;
- 2) провести испытания на одноосное сжатие пористых титановых образцов в соответствии с международным стандартом ИСО13314;
- 3) оценить результаты моделирования механического поведения ячеистых структур с разными архитектурой элементарной ячейки и содержанием пор.

В результате приложения распределенной нагрузки на ячеистый имплантат возникают эквивалентные напряжения, которые можно охарактеризовать с помощью 3D-эпюры напряженного состояния.

Было проведено 8 симуляций сжатия титанового образца в программном комплексе Ansys Mechanical для каждой архитектуры с разным содержанием пор и выявлено напряженно-деформированное состояние для каждого из них (рис. 1).

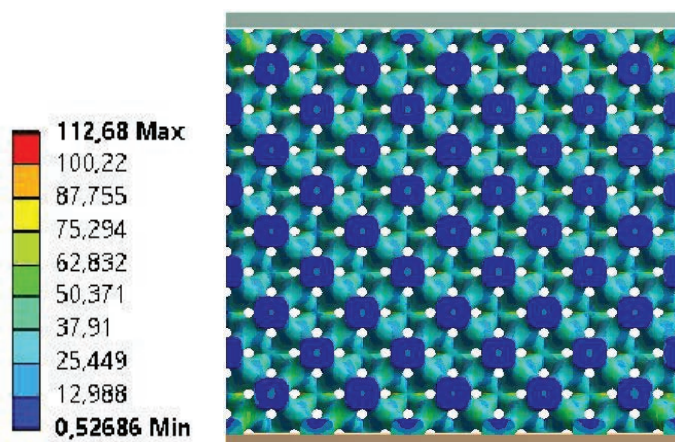


Рис. 1. Эквивалентные напряжения фон Мизеса для образца с 60 %-ой пористостью

С увеличением содержания пор в материале увеличиваются максимальные эквивалентные напряжения. Так, в образце с долей пор 50 % максимальное эквивалентное напряжение по фон Мизесу при нагрузке, равной 5 кН, достигает 112 МПа. У образца с долей пор 80 % значения максимального напряжения возрастает до 330 МПа.

Модуль упругости ячеистой структуры будет определяться не только пористостью (плотностью материала), но и пространственной геометрией ячеистой структуры. Таким образом, метод конечных элементов позволяет более точно оценивать упругие характеристики пористых материалов. Были выполнены механические испытания на сжатие высокопористых образцов из титанового сплава Ti-6-4 в соответствии с ISO 13314. Выявлено, что изменение ячеистой структуры имплантата при нагружении происходит ступенчато. Вначале в процесс деформации и последующего разрушения вовлекаются периферийные приконтактные области металла. В последующем деформация распространяется вглубь материала. Изменение профиля ячейки по ходу испытания является немонотонным процессом, связанным с локализацией напряжений и деформаций в вертикальных перемычках ячеистой структуры имплантата (рис. 2).

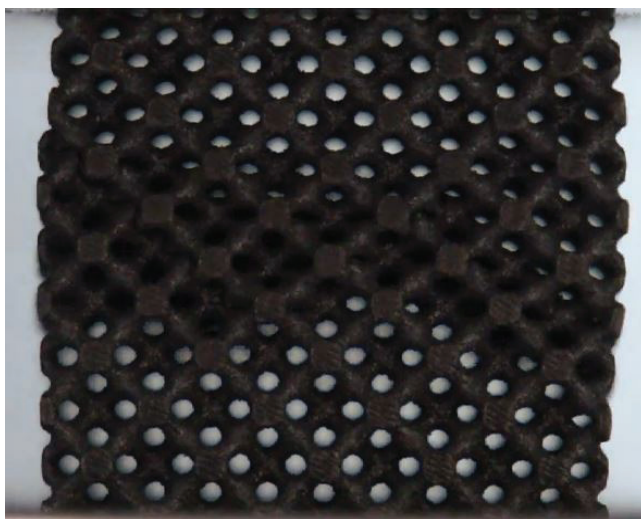


Рис. 2. Механическое поведение образца с 60 % пор при сжатии

Как видно из рис. 2, с увеличением нагрузки эквивалентная деформация переходит от средних рядов до места контакта образца с плита-

ми, одновременно с этим в местах, где деформация протекала в первую очередь, поры полностью сжались, и происходит разрушение перемычек.

Полученные результаты могут служить основой для получения имплантатов с разной пористостью в соответствии с международным стандартом ИСО13314, что позволит не только воссоздавать точную форму кости человека по данным томографии, но и воспроизводить биомеханические свойства костей с различной ячеистой структурой.